

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07030793
PUBLICATION DATE : 31-01-95

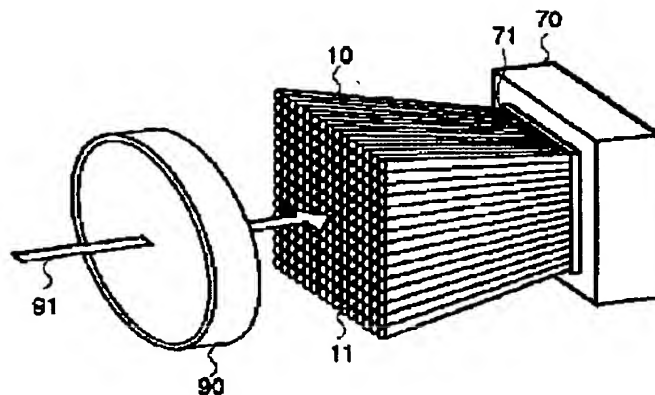
APPLICATION DATE : 13-07-93
APPLICATION NUMBER : 05172860

APPLICANT : HITACHI MEDICAL CORP;

INVENTOR : YOKOUCHI HISATAKE;

INT.CL. : H04N 5/225 G02B 23/26

TITLE : IMAGE PHOTOGRAPHING DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To provide an image photographing device equipped with resolution exceeding the limitation of the principal resolution of an optical system only with an optical lens by the optical system using the optical lens and a fiber optical element.

CONSTITUTION: The image of a visible beam 91 is formed on an image forming face of a fiber optical element 10 by an optical lens 90. The fiber optical element 10 is composed of tapered fiber bundle, and the dimension of the fiber optical element face in contact with the image detecting face of an image detector 70 is reduced rather than the dimension of the image forming face 11. The image formed on the image forming face 11 is reduced and detected by the image detector 70. Thus, the high-speed photographing of the high-resolution image is enabled.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-30793

(43)公開日 平成7年(1995)1月31日

(51)Int.Cl.⁸

H 0 4 N 5/225

G 0 2 B 23/26

識別記号

Z

A

庁内整理番号

9317-2K

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平5-172860

(22)出願日 平成5年(1993)7月13日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000153498

株式会社日立メディコ

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

(72)発明者 梅谷 啓二

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 片倉 景義

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像撮影装置

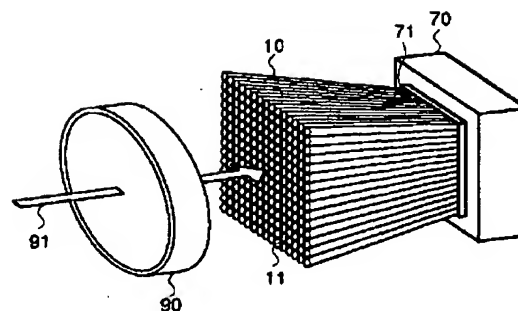
(57)【要約】

【目的】 光学レンズとファイバー光学素子を用いた光学系により光学レンズのみでの光学系の原理的な解像度の限界を超える解像度を有する画像撮影装置を提供する。

【構成】 光学レンズ90により可視光線91の像を、ファイバー光学素子10の画像結像面11に結像する。ファイバー光学素子10はテーバーファイバー束から成り、画像結像面11の寸法に対して画像検出器70の画像検出面に接するファイバー光学素子面の寸法が小さい。画像結像面11に結像された画像は、縮小されて画像検出器70により検出される。

【効果】 高解像度画像の高速撮影が可能となる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】光学レンズにより被写体の可視光像を画像結像面に結像し、結像された可視光像を検出する画像検出器を有する画像撮影装置において、前記画像結像面と前記画像検出器の画像検出面との間を結合するファイバー束から成るファイバー光学系を有し、前記光学レンズの有する空間解像度以上の解像度を有する画像撮影を行うことを特徴とする画像撮影装置。

【請求項2】光学レンズにより被写体の可視光像を画像結像面に結像し、結像された可視光像を検出する画像検出器を有する画像撮影装置において、前記画像結像面と前記画像検出器の画像検出面との間を結合するためのファイバー束から成るファイバー光学系を有し、前記画像結像面の寸法と前記画像検出面の寸法とが異なることを特徴とする画像撮影装置。

【請求項3】光学レンズにより被写体の可視光像を画像結像面に結像し、結像された可視光像を検出する画像検出器を有する画像撮影装置において、前記画像結像面と前記画像検出器の画像検出面との間を結合するためのファイバー束から成るファイバー光学系を有し、前記ファイバー光学系を構成するファイバー光学素子の一方の面が前記画像結像面であり、他方の面が前記画像検出面に接することを特徴とする画像撮影装置。

【請求項4】前記ファイバー光学系がテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の画像撮影装置。

【請求項5】前記テーバーファイバー束から成るファイバー光学素子において、前記画像検出面の側の面積が、前記画像結像面の側の面積よりも小さいことを特徴とする請求項4に記載の画像撮影装置。

【請求項6】前記ファイバー光学系が、前記画像結像面の側で使用する画像結像面用ファイバー光学素子と、前記画像検出面の側で使用する画像検出面用ファイバー光学素子の2種類のファイバー光学素子から構成されることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の画像撮影装置。

【請求項7】1個の前記画像結像面用ファイバー光学素子に対して、複数個の前記画像検出面用ファイバー光学素子及び複数個の画像検出器を有することを特徴とする請求項6に記載の画像撮影装置。

【請求項8】前記画像検出面用ファイバー光学素子において、前記画像検出面の側のファイバー光学素子面の面積が、前記画像結像面用ファイバー光学素子側の面の面積よりも小さいことを特徴とする請求項6に記載の画像撮影装置。

【請求項9】前記画像検出面用ファイバー光学素子の前記画像検出面の側と反対側の面である前記画像結像面用ファイバー光学素子側の面のファイバー光学素子面の大きさが、前記画像検出器の外形寸法よりも大きいことを

特徴とする請求項8に記載の画像撮影装置。

【請求項10】前記ファイバー光学系の形状が前記画像結像面の側に対して前記画像検出面の側のファイバー束が分岐したファイバー光学系であり、前記画像検出面の側に複数の前記画像検出器を有することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の画像撮影装置。

【請求項11】前記ファイバー光学系が、前記画像結像面の側で使用する画像結像面用ファイバー光学素子と、前記画像検出面の側で使用する画像検出面用ファイバー光学素子と、前記画像結像面用ファイバー光学素子と前記画像検出面用ファイバー光学素子との間を結合しその形状が前記画像結像面の側に対して前記画像検出面の側のファイバー束が分岐した分岐用ファイバー光学素子との3種類から構成されることを特徴とする請求項10に記載の画像撮影装置。

【請求項12】前記画像結像面用及び前記画像検出面用ファイバー光学素子において、前記分岐用ファイバー光学素子との接合面が、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向と直角をなし、前記分岐用ファイバー光学素子の前記画像結像面用及び前記画像検出面用ファイバー光学素子との接合面がファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して、直角でないことを特徴とする請求項11に記載の画像撮影装置。

【請求項13】前記画像結像面用ファイバー光学素子の前記分岐用ファイバー光学素子との接合面、及び前記分岐用ファイバー光学素子の前記画像結像面用ファイバー光学素子との接合面において、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して成す角度が両者共に等しく、前記画像検出面用ファイバー光学素子の前記分岐用ファイバー光学素子との接合面、及び前記分岐用ファイバー光学素子の前記画像検出面用ファイバー光学素子との接合面において、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して成す角度が両者共に等しことを特徴とする請求項11に記載の画像撮影装置。

【請求項14】前記ファイバー光学系を構成するファイバー光学素子が一体構造のファイバー光学素子であることを特徴とする請求項10に記載の画像撮影装置。

【請求項15】前記ファイバー光学系の前記画像結像面が凹面であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の画像撮影装置。

【請求項16】前記画像結像面用ファイバー光学素子として、テーバーファイバー束から成るファイバー光学素子を用いることを特徴とする請求項6もしくは請求項11に記載の画像撮影装置。

【請求項17】前記画像結像面用ファイバー光学素子として、前記画像結像面の側のファイバー光学素子面の面積がファイバー光学素子の反対側の面の面積よりも小さいテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子を用いることを特徴とする請求項16に記載の画像撮影装

置。

【請求項18】前記画像検出器が、CCD (Charge Coupled Device) または撮像管を用いることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の画像撮影装置。

【請求項19】複数の前記画像検出器が検出した画像信号の読み出しにおいて、すべての前記画像検出器から同時に前記画像信号を読み出すことを特徴とする請求項7もしくは請求項10に記載の画像撮影装置。

【請求項20】光学レンズにより被写体の可視光像を画像結像面に結像し、結像された可視光像を検出する画像検出器を有する画像撮影装置において、前記被写体を置く被写体面と前記光学レンズの対物面との間を結合するためのファイバー束から成るファイバー光学系を有し、前記光学レンズの空間解像度以上の解像度を有する画像撮影を行うことを特徴とする画像撮影装置。

【請求項21】光学レンズにより被写体の可視光像を画像結像面に結像し、結像された可視光像を検出する画像検出器を有する画像撮影装置において、前記被写体を置く被写体面と前記光学レンズの対物面との間を結合するためのファイバー束から成るファイバー光学系を有し、前記被写体面の寸法と前記光学レンズの対物面の寸法とが異なることを特徴とする画像撮影装置。

【請求項22】前記ファイバー光学系がテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子であることを特徴とする請求項20もしくは請求項21に記載の画像撮影装置。

【請求項23】前記テーバーファイバー束から成るファイバー光学素子において、前記被写体面の側のファイバー光学素子面の面積が、前記光学レンズの対物面側のファイバー光学素子面の面積よりも小さいことを特徴とする請求項22に記載の画像撮影装置。

【請求項24】前記ファイバー光学系の前記被写体面の側の面上に放射線を吸収する蛍光体膜を形成し、放射線画像撮影を行うことを特徴とする請求項20もしくは請求項21に記載の画像撮影装置。

【請求項25】光学レンズにより被写体の可視光像を画像結像面に結像し、結像された可視光像を検出する画像検出器を有する画像撮影装置において、前記光学レンズによる画像結像面と前記画像検出器の画像検出面との間を結合するテーバーファイバー束から成るファイバー光学系を有し、前記光学レンズの限界空間解像度に対応する検出器の検出面の寸法より小さい寸法の検出面を有する画像検出器で前記被写体の像を検出することを特徴とする画像撮影装置。

【請求項26】前記画像検出器がCCD (Charge Coupled Device) であることを特徴とする請求項25に記載の画像撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は高解像度画像撮影を行なう、放送用や印刷用や医学診断用などの一般産業用の画像入力装置、及び画像撮影を目的とする一般の民生用機器での画像入力装置に使用できる好適な画像撮影装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光学レンズにより被写体の可視光像を結像し、結像された可視光像を画像検出器で検出する画像撮影装置においては、撮影画像の空間解像度が光学レンズの解像度と画像検出器の解像度で制限されていた。特に、画像検出器の解像度を向上しても、光学レンズの解像度の向上には制限があり、この解像度以上の高解像度化を達成することは原理的に不可能である。高解像度画像撮影装置として、画像検出器を高解像度化して、画像検出器に200万画素を有するCCDを用いた撮影装置が従来あった。しかし、画素数の大規模化に伴い、素子価格の高騰や、高速読み出しに伴う回路ノイズの増大などの問題がある。また、高解像度画像撮影装置として、大口径の撮像管を用い走査線数を大幅に増して高解像度化した撮影装置があったが、撮像管の口径の増大に伴い、用いる光学レンズが大型化すると共に加工精度が厳しくなるなどの問題がある。画像検出器の高解像度化を目的とし、複数個の画像検出器を組み合わせ、分割撮影により高解像度化した装置としては、特公平4-36632号公報に記載の装置のように、撮影する画像を光学レンズとハーフミラーで分割し独立した複数個の画像検出器で同時に検出する撮影装置があった。しかし、この装置では、画像の分割撮影のために光学レンズとハーフミラーを用いており、光学系の規模が大きくなり、さらに、各光学部品間の調整が難しいという問題がある。

【0003】分岐型のファイバー光学素子を使ったファイバー光学系を用いて、画像の分割撮影により高解像度化した装置としては、特開昭60-194440号公報に記載の装置があった。しかし、この装置ではX線イメージインテンシファイヤの出力蛍光面に直接にファイバー光学素子の端面が位置しており、光量調整のための絞り機能を装着することができないという問題がある。CCDなどの画像検出器においては、画像検出器としての解像度が画像検出器を構成する検出面素の数で決まる。このため画像検出器を高解像度化するために検出面素を増すには、検出面素の寸法を小さくし検出面素の密度を増す必要がある。しかし、検出面素の寸法を小さくしても光学レンズの限界空間解像度に対応する検出面素の寸法よりも小さくできない。このため、高解像度化するためには、画像検出器自体の寸法を大きくし、検出面素数を増さなければならないという問題があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、光学レンズの空間解像度以上の解像度を有する高解像度画像

を高速で撮影する撮影装置を提供することにより、さらに、光学系が小型であり光学レンズの設計に対する制約を緩和し、設計の自由度を飛躍的に増すことができる撮影装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】光学レンズによる画像結像面と画像検出器の画像検出面との間をファイバー束から成るファイバー光学系で結合し、光学レンズの空間解像度以上の解像度を有する画像撮影装置に特徴がある。また、光学レンズで結像された可視光像を分岐型ファイバー光学系で分割し、複数の画像検出器で検出し、光学レンズの空間解像度以上の高解像度画像の高速撮影を行なうことに特徴がある。さらに、結像面に相当するファイバー光学素子の端面を凹面にして、可視光像を結像する光学レンズの収差の影響を小さくすることに特徴がある。結像面をもつファイバー光学素子にテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子を用い、結像面寸法を小さくして、可視光像を結像する光学レンズを設計する上での制約を小さくして、小型の光学検出系においても使用できることにも特徴がある。複数の画像検出器を独立に駆動して、各素子が検出した画像を同時に読み出し高速撮影が実現できることにも特徴がある。

【0006】

【作用】光学レンズにより被写体の可視光像を結像し、結像された可視光像を検出する画像撮影装置の空間解像度は、光学レンズの解像度の原理的な限界で決まる。これは光学レンズの解像度が光の波長とレンズの口径で決まるためである。図3に、光学レンズの空間解像度である空間変調度伝達関数を示す。空間変調度伝達関数とは、白黒ラインの組のパターンを光学レンズで結像した場合のコントラストの低下を表す。白黒ラインのパターンの白と黒の輝度レベルのコントラストを100%とすると、光学レンズで結像した像のコントラストは、解像度で制限されるため100%以下となる。このコントラストの低下が空間変調度である。また空間変調度は、白黒ラインのパターンの各ラインの幅に依存し、1mm当たりの白黒ラインの組の数（ラインペア/mm）で表した空間周波数（白黒ラインの組の各ラインの幅に対応）の関数として表される。このため空間解像度を、ここでは空間変調度伝達関数として表す。図3において、縦軸はレンズにより結像された画像の空間変調度を示し、横軸は1mm当たりの白黒ラインの組の数（ラインペア/mm）で表した空間周波数である。なお、ラインペア/mmで表した空間周波数は、一組の白黒ラインの幅の和の逆数に対応する。図中で、光学レンズの空間変調度伝達関数を実線71'に示す。空間変調度が0%である空間周波数 ω_1 は、光の波長とレンズの口径で決まる解像度の限界であり、空間変調度伝達関数は空間周波数0での空間変調度100%から単調減少する関数である。

【0007】図4に光学レンズ95により被写体92

を、画像検出器70の画像検出面71に結像する様子を示す。図において、結像された像96は見やすさのため画像検出面71と離して描いているが、実際には、結像された像96は画像検出面71の上にある。画像検出器の画像検出面上には画像を検出する最小単位である検出画素が2次的に配列されている。ここで、画像検出器の画像検出面上の検出画素の配列ピッチの周波数を ω_1 とすると、この画像検出器には光学レンズにより図3のb点の空間変調度の解像度の画像が結像される。このため、検出画素の配列ピッチの周波数が ω_1 である画像検出器で検出する画像の空間変調度は、光学レンズの解像度により、b点の空間変調度に制限される。図5に本発明のテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子10を用いた光学系による被写体の結像の様子を示す。光学レンズ90により被写体92は、ファイバー光学素子10の画像結像面11に結像される。この像は、ファイバー光学素子により縮小されて、画像検出器70の画像検出面71に結像する。図において、結像された像93は見やすさのため画像結像面11と離して描いているが、実際には、結像された像93は画像結像面11の上にある。また、結像された像94も見やすさのため画像検出面71と離して描いているが、実際には、結像された像94は画像検出面71の上にある。また、結像された像94を描くため画像検出面はファイバー光学素子の端面から離して描いているが、実際には、画像検出面はファイバー光学素子の端面に接している。この光学系では、光学レンズによる画像結像面と画像検出器の画像検出面との間をテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子により結合することで、画像結像面寸法を画像検出面寸法よりも大きくできる。これは、実質的に画像検出器の検出画素の配列ピッチの周波数が小さくなることを意味する。

【0008】ファイバー光学素子を用いた場合の画像検出器の検出画素の配列ピッチの実質的な周波数を図3において ω_2 とすると、光学レンズによりファイバー光学素子の画像結像面に、図の実線71'上のa点の空間変調度の解像度の画像が結像できる。そして、結像された画像は、ファイバー光学素子により縮小されて、検出画素の配列ピッチの周波数が ω_1 の画像検出器で検出される。光学レンズだけでは空間解像度が原理的にb点の空間変調度に制限されるが、ファイバー光学素子を用いることによりa点の空間変調度を達成できる。図3において、光学レンズとファイバー光学素子を組み合わせた図5の光学系の空間変調度伝達関数を点線11'に示す。点線11'は光学レンズとファイバー光学素子を組み合わせて、検出画素の配列ピッチの周波数が ω_1 の画像検出器に結像する光学系の空間変調度伝達関数を表す。点線11'上で周波数 ω_1 での空間変調度は、実線71'上のa点と同じ値であるc点となる。つまり、光学レンズのみでの空間変調度伝達関数である実線71'に対し

て、光学レンズとファイバー光学素子を組み合わせた場合の空間変調度伝達関数は点線11'となり、光学レンズのみでの原理的な解像度を超える高解像度を達成することができる。

【0009】次に、図3における点線11'を高周波側に延長し、横軸に接するまで延ばした図を、図14に示す。図において、光学レンズのみの場合では、空間変調度が0%となる限界空間周波数は ω_0 であるが、光学レンズとファイバー光学系を組み合わせた場合の限界空間周波数は ω_1 となり、大幅に限界周波数を向上することができる。そして、この結果として、検出画素寸法が非常に小さな画像検出器を用いることができ、画像検出器を非常に小型とすることができる。光学系がファイバー光学系のみの場合は、レンズやミラーを用いた光学系に比べて格段に小型化及び簡略化できるという長所をもつ。しかし、ファイバー光学系は、光量調節のための絞り機能を光学系に組み込めないという大きな欠点を有する。このファイバー光学系の長所を活かして、欠点を補うために、光学レンズの結像面が位置する場所に、分岐型ファイバー光学素子の端面を置く。ファイバー光学系に入射した可視光像をファイバー光学素子の各分岐で分割して、ファイバー光学素子の各分岐の端面に装着してある画像検出器で分割されたそれぞれの分割成分画像を同時に検出する。これにより、ファイバー光学系とレンズを組み合わせた小型の光学系のよる高解像度画像の撮影が可能となる。

【0010】分岐型ファイバー光学系に複数個の画像検出器を組み合わせた光学系では、レンズで結像するファイバー光学素子の結像面の寸法が、ファイバー光学素子の分岐部の断面積の和となる。このため、画像検出器の数を増大させると、これに比例して、ファイバー光学素子の結像面の面積が増大する。これにより、レンズの結像面寸法が大きくなり、高解像度画像の結像が可能となる。しかし、結像面寸法の増大は光学レンズの設計にとって大きな負担となる。このため、本発明では、結像面寸法を調整するために、ファイバー光学素子の結像面部分をテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子にすることで、画像検出器の数の増大に係らず、ファイバー光学素子の結像面の面積を任意に選択できるため、光学レンズの設計上の制約を軽減できる。光学レンズには像面湾曲とよばれる収差のため、レンズによる結像面は球面に近い曲面である。このため、ファイバー光学素子の画像結像面を凹面とすれば、レンズの収差の影響を低減でき、高解像度で画像検出ができる。これらの作用により小型で簡略な光学系にも係らず、光学レンズの空間解像度以上の高解像度画像に対して、多数の画像検出器による分割撮影ができ、また多数の画像検出器により分割された画像を同時に検出することで、高解像度画像の高速撮影が実現できる。

【0011】

【実施例】（第1の実施例）本発明の第1の実施例を図1に示す。図において、被写体からの可視光線91は光学レンズ90により、ファイバー光学素子10の画像結像面11に被写体像として結像される。ファイバー光学素子10は、テーバーファイバー束から成るファイバー光学素子であり、画像結像面11の寸法に対して画像検出器70の画像検出面71に接するファイバー光学素子面の寸法が小さい。このため、画像検出器の画像検出面に光学レンズで直接に結像する場合に比べて、本実施例ではファイバー光学素子を用いることにより結像面寸法が大きくでき、高解像度の画像結像ができる。なお、画像検出器はCCDなどの撮像素子であり、撮像素子の画像検出面に接したファイバー光学素子によって画像が入力される。光学レンズにより被写体の可視光像を結像し、結像された可視光像を検出する画像撮影装置の空間解像度は、光学レンズの解像度の原理的な限界で決まる。これは、光学レンズの解像度が光の波長とレンズの口径で決まるためである。図3に、光学レンズの空間解像度である空間変調度伝達関数を示す。図4に光学レンズ95により被写体92を、画像検出器70の画像検出面71に結像する様子を示す。画像検出器の画像検出面上には画像を検出する最小単位である検出画素が2次元的に配列されている。この場合にも、検出画素の配列ピッチの周波数が ω_1 である画像検出器で検出する画像の空間変調度は、光学レンズの解像度により、b点の空間変調度に制限される。図5に本実施例による、テーバーファイバー束から成るファイバー光学素子10を用いて結像する様子を示す。光学レンズ90により被写体92は、ファイバー光学素子10の画像結像面11に結像される。この像は、ファイバー光学素子により縮小されて、画像検出器70の画像検出面71に結像する。この光学系では、光学レンズによる画像結像面と画像検出器の画像検出面との間をテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子により結合することで、画像結像面寸法を画像検出面寸法よりも大きくできる。これは、実質的に画像検出器の検出画素の配列ピッチの周波数が小さくなることを意味する。光学レンズのみでの空間変調度伝達関数である実線71'に対して、光学レンズとファイバー光学素子を組み合わせた本実施例の場合は空間変調度伝達関数は点線11'となり、光学レンズのみでの原理的な解像度を超える高解像度を達成することができる。なお、図3、図4、図5に関する詳細については既に説明したとおりである。

【0012】（第2の実施例）次に、本発明の第2の実施例を図2により説明する。光学レンズの解像度の原理的な限界を超えた高解像度の画像撮影では、結像面の寸法を大きくする必要がある。このため、本実施例では結像面に結像された画像を分割し複数個の画像検出器で検出する。図2においてファイバー光学系は、画像結像面用ファイバー光学素子20と画像検出面に接するファイ

ファイバー光学素子10の2種類のファイバー光学素子で構成される。画像結像面用ファイバー光学素子20の画像結像面21に結像された画像は、複数のファイバー光学素子10に分割され、それぞれの複数の画像検出器70で各分割画像が検出される。本実施例によれば、光学レンズの解像度の原理的な限界を超えた高解像度の画像を得るために、画像結像面寸法を大きくできると共に、複数の画像検出器で画像検出するため検出器としての実質的な解像度も向上することができる。このため、画像撮影装置として光学系の解像度及び検出器系の解像度を同時に向上することができ、撮影画像の大幅な高解像度化を達成できる。画像検出器としてCCDなどを用いた場合は、画像検出器70の画像検出面71に対して、画像検出器のパッケージ寸法が大きい。このため、図2の実施例では、画像検出面に接するファイバー光学素子10の画像検出面側の面の面積に対して、画像結像面用ファイバー光学素子との接合面の面積が大きい。そして、画像検出器のパッケージ寸法よりも大きな寸法に、画像結像面用ファイバー光学素子との接合面の寸法を設定する。これにより、図2のように画像検出面に接するファイバー光学素子と画像検出器との組合せを複数個配列しても、各画像検出器のパッケージ間の干渉がなくなり、画像検出器のパッケージ寸法が大きくても、多数の画像検出器を画像撮影装置に装着できる。ファイバー光学素子10は第1の実施例と同様のテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子である。

【0013】（第3の実施例）本発明の第3の実施例を図6に示す。図において、ファイバー光学系は、画像結像面用ファイバー光学素子20、分岐用ファイバー光学素子30、画像検出面用ファイバー光学素子40の3種類のファイバー光学素子で構成される。被写体からの可視光線91は光学レンズ90により、画像結像面用ファイバー光学素子20の端面に被写体像として結像される。画像結像面用ファイバー光学素子に入射した可視光像は、4個の分岐用ファイバー光学素子30で4分割される。分割された画像は、画像検出面用ファイバー光学素子40により導かれて、4個の画像検出器70の画像検出面に達して、各画像検出器により同時に検出される。画像検出器はCCDなどの撮像素子であり、素子の画像検出面に接した画像検出面用ファイバー光学素子によって画像が入力される。本実施例では、画像を4分割した例であるが、さらに画像検出器数を増して分割数を多くすることもでき、任意の数の画像検出器を装着することができる。また、逆に画像検出器数を2個とし、画像結像面用ファイバー光学素子に入射した可視光像を、2個の分岐用ファイバー光学素子で2分割して撮影することもできる。これには、画像検出器の一つであるハイビジョンカメラ用のCCD撮像素子を用いる。これは、ハイビジョンカメラ用の素子の画像検出面が横長の長方形であるためである。この場合には、画像検出器を2個用いる

ことで、画像検出面が横長の長方形の2個の検出素子を上下に配置することにより、ほぼ正方形の画像撮影ができるという特徴をもつ。

【0014】図6に示す実施例ではファイバー光学系が、画像結像面用、分岐用、画像検出面用に別れており、これらの構造を図7に示す。図は、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーに平行な方向の断面図である。ここで、画像結像面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子との接合面31は、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して、直角になっている。同様に、画像検出面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子との接合面41は、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して、直角になっている。画像検出器としてCCDなどを用いた場合は、画像検出器70の画像検出面71に対して、画像検出器のパッケージ寸法が大きい。このため、分岐用ファイバー光学素子の端面を、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して直角でない角度に設定する。これにより、各画像検出器間に間隔が生じるためパッケージ間の干渉がなくなり、画像検出器のパッケージ寸法が大きくても、多数の画像検出器を画像撮影装置に装着できる。

【0015】（第4の実施例）一般にファイバー光学素子を接合する場合は、ファイバー光学素子の端面と各ファイバーの長さ方向との成す角度が直角に近いほど、ファイバー光学素子間における接合面での光の伝達効率が増す。これを考慮した本発明の第4の実施例を図8に示す。図において、画像結像面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子との接合面31は、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して直角ではない。画像結像面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子との接合面、及び分岐用ファイバー光学素子の画像結像面用ファイバー光学素子との接合面は、両者共にファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して、同一の角度を成している。同様に、画像検出面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子との接合面41は、ファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して直角ではない。画像検出面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子との接合面、及び分岐用ファイバー光学素子の画像検出面用ファイバー光学素子との接合面は、両者共にファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して、同一の角度を成している。これにより、ファイバー光学素子の接合において、すべてのファイバー光学素子の接合面を一様に、各ファイバーの長さ方向との成す角度を直角に近づけることができ、ファイバー光学素子間における接合面での光の伝達効率を増すことができる。

【0016】なお、本発明の実施例において、画像結像面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子と

の接合面、及び分岐用ファイバー光学素子の画像結像面用ファイバー光学素子との接合面は、両者共にファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して、完全に同一の角度を成していなくとも、近似的に両者が等しい角度を有すれば実質的效果は得られる。同様に、画像検出面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子との接合面、及び分岐用ファイバー光学素子の画像検出面用ファイバー光学素子との接合面は、両者共にファイバー光学素子を構成する各ファイバーの長さ方向に対して、完全に同一の角度を成していなくとも、近似的に両者が等しい角度を有すれば実質的效果は得られる。

【0017】（第5の実施例）本発明の第5の実施例を図9により説明する。ファイバー光学素子を用いたファイバー光学系では、異なるファイバー光学素子間の接合面が少ないほど、光の伝達効率が増す。このため本実施例では、図7や図8の実施例のように画像結像面用、分岐用、画像検出面用ファイバー光学素子に分割せずに、一体型ファイバー光学素子50を用いた。一体型ファイバー光学素子は、分岐部分でファイバー束を湾曲させることにより作られる。本実施例の外に、図7や図8の画像結像面用、分岐用、画像検出面用ファイバー光学素子の内で、画像結像面用と分岐用ファイバー光学素子のみを一体化した構造や、分岐用と画像検出面用ファイバー光学素子のみを一体化した構造でも光の伝達効率の向上を達成できる。本発明の第2から第5の実施例では、光学レンズの解像度の原理的な限界を超えた高解像度の画像を得るために、画像結像面寸法を大きくすることを目的として、結像画像を分割し複数の画像検出器で画像検出する。しかし、結像画像の分割数を増し、これに伴い画像検出器数を増すと、画像結像面寸法が大きくなり過ぎるという問題が生じる。これは、画像結像面寸法の増大が、光学レンズの大型化や設計上の負担の増加につながるためである。

【0018】（第6の実施例）分岐型ファイバー光学素子に複数の画像検出器を組み合わせた光学系では、光学レンズで結像するファイバー光学素子の結像面の寸法が、ファイバー光学系の分岐部の分岐用ファイバー光学素子の断面積の総和となる。このため、画像検出器の数を増大させると、これに比例して、ファイバー光学素子の結像面の面積が増大する。これに対応するための方策を、図10に示す第6の実施例により説明する。本実施例において、画像結像面用ファイバー光学素子60はテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子である。画像結像面用ファイバー光学素子の分岐用ファイバー光学素子50との接合面の面積は、各分岐用ファイバー光学素子の画像結像面用ファイバー光学素子との接合面51の面積の和である。しかし、画像結像面用ファイバー光学素子にテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子を用いているため、画像結像面の面積を接合

面51の面積の和に対して、任意に小さく設定できる。このため、光学レンズの設計が非常に容易になると同時に、分岐数を増して多数の画像検出器を装着できるようになる。上記の実施例とは逆に、光学系によっては100mm幅のフィルムによる撮影装置のように、画像結像面の面積が非常に大きな場合がある。この場合にも、画像結像面用ファイバー光学素子にテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子を用いれば、画像結像面の面積を接合面51の面積の和に対して、任意に大きく設定できる。このように、テーバーファイバー束から成るファイバー光学素子を用いることにより、任意の画像結像面の寸法をもつ光学系に、本発明は対応することができるという特徴を有する。

【0019】図10に示す実施例において、画像結像面用ファイバー光学素子にテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子用いるだけでなく、図のように画像結像面61を、凹面とすることができる。光学レンズにより結像される像は、一般にレンズの収差のひとつである像面湾曲のため、曲面上の像となる。一般の画像撮影装置では、光学レンズによる画像結像面と画像検出器の画像検出面とが一致しており、平面の画像検出面上に結像されるため、レンズ設計の最適化により、像面湾曲が小さくなるように設計される。しかし、本発明によればファイバー光学素子を用いることにより、画像結像面と画像検出面が別れているため、画像結像面を曲面とすることが可能となる。この結果として、レンズ設計に対する制約が大幅に軽減される。以上の各実施例では、光学レンズで結像された可視光像を、ファイバー光学系で分割し、独立した複数の画像検出器で分割撮影をする。この分割撮影において、複数の画像検出器による分割画像の検出を同時に行う。これにより、1個の画像検出器の画像検出時間で、光学レンズで結像された可視光像全体を検出できるため、大幅な高速画像撮影が可能となる。また、CCDなどの画像検出器においては、1個の素子からの画像読み出し時間を長くすることにより、画像のノイズ成分を低減でき、撮影画像の画質を向上することができる。この点に関しても、本発明の装置では、画像全体が1個の画像検出器の画像検出時間で撮影できるため、素子からの画像読み出し時間を長くしても実質的な問題はなく、高解像度画像を高画質で撮影できる。さらに高画質画像撮影のために、構成する各画像検出器をペルチエ素子などで冷却すれば、高いシグナル・ノイズ比が得られるため、高画質化をさらに進めることができる。本発明による画像撮影装置において、独立した複数の画像検出器で分割撮影すると共に、各画像検出器ごとに独立したアナログ・デジタル変換器を接続すれば、高解像度画像を高速でアナログ・デジタル変換し、画像メモリにデジタル信号として収集できる。このため、高解像度画像のデジタル画像を高速で収集可能となり、画像を扱う機器の分野においての広い応用が期待で

きる。

【0020】（第7の実施例）次に、本発明の第7の実施例を図11により説明する。画像検出器によっては、画像検出面が非常に大きな場合があり、光学レンズの設計上の制約を軽減するために画像結像面を小さくする必要がある。例えば、画像検出器として大口径の撮像管を用いた場合にこの問題が生じる。図11において、ファイバー光学素子60は、撮像管80の面板（フェースプレート）を兼ねており、ファイバー光学素子60の片面に画像検出面である光導電膜81を形成した構造である。光導電膜で検出された画像は、電子銃82による電子ビーム走査により画像信号として読み出される。本実施例によれば、ファイバー光学素子としてテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子を用いており、撮像管の画像検出面の寸法に依存せず、任意の画像結像面の寸法をもつ光学レンズを使用できる。また、ファイバー光学素子の画像結像面を凹面に形成することができ、用いる光学レンズの収差の影響を緩和できる。これらの効果により本実施例によれば、画像検出器の画像検出面寸法と、光学レンズの画像結像面寸法とに対して、組み合わせの選択の余地が大きくなり、画像撮影装置の設計が非常に容易になるという特徴をもつ。このため、画像撮影装置の高性能を維持したままで、価格の低減を図ることができる。

【0021】（第8の実施例）以上説明した各実施例では、光学レンズとファイバー光学素子を用いた光学系により、光学レンズのみでの光学系の原理的な解像度の限界を超えた大幅な解像度の向上を目的としていた。さらに、本発明では光学レンズの画像結像における解像度向上に留まらず、被写体に対する対物解像度の向上も可能である。次に、本発明の第8の実施例を図12により説明する。撮影する被写体に対する対物解像度は、当然ながら被写体の大きさに依存する。本実施例では、被写体121と光学レンズ90の対物面との間を、ファイバー光学素子110で結合した撮影装置である。ここで、ファイバー光学素子110は、テーバーファイバー束から成るファイバー光学素子である。被写体はファイバー光学素子の被写体を置く面（被写体面と略す。）111上に位置し、これに可視光線120を照射すると、被写体像はファイバー光学素子のレンズ側面112から拡大像として出力される。ファイバー光学素子のレンズ側面112は、光学レンズ90の対物面であり、この対物面上の画像はレンズで画像撮影装置のファイバー光学素子10の画像結像面11に被写体像として結像される。本実施例によれば、被写体像をまずファイバー光学系により拡大するため、光学レンズは実質的に大きな被写体像を結像することになり、被写体撮影における大幅な解像度向上を実現できる。

【0022】（第9の実施例）次に本発明の第9の実施例を図13により説明する。本実施例では、ファイバー

光学素子の被写体面111に蛍光体膜132を形成する。この蛍光体膜は、X線などの放射線を吸収し可視光に変換する。被写体131にX線などの放射線130を照射すると、被写体の放射線像は蛍光体膜により、蛍光体膜上の可視光像に変換される。この可視光像は、ファイバー光学素子110により拡大像としてファイバー光学素子のレンズ側面112に出力される。ファイバー光学素子のレンズ側面112は、光学レンズ90の対物面であり、この対物面上の画像はレンズで画像撮影装置のファイバー光学素子10の画像結像面11に被写体像として結像される。本実施例によれば、被写体の可視光化した放射線像をまずファイバー光学系により拡大するため、光学レンズは実質的に大きな被写体像を結像することになる。このため、X線などの放射線像撮影における大幅な解像度向上を実現でき、医学分野などでの放射線像撮影において、診断能の高い画像撮影が可能となる。

【0023】（第10の実施例）次に、図3において、光学レンズとファイバー光学素子を組み合わせた光学系の空間変調度伝達関数を表す点線11'を高周波側へ延長して描いた図が、図14である。図14において、光学レンズのみの場合では、空間変調度が0%となる限界空間周波数は ω_0 であるが、光学レンズとファイバー光学系を組み合わせた場合の限界空間周波数は ω_1 となり、大幅に限界周波数を向上することができる。この結果として、画像検出器の画像検出面上の検出面素の配列ピッチの周波数が ω_0 よりも大きくでき、検出面素寸法が非常に小さな画像検出器を用いることができる。そして、検出面素寸法を小さくできるため画像検出器自体の寸法を非常に小型とすることができる。図15に本発明の第10の実施例の断面図を示す。ここでは、ファイバー光学素子にテーバーファイバー束から成るファイバー光学素子を用いるだけでなく、図15のように画像結像面211が凹面となっている。被写体222からの可視光線221は、ファイバー光学素子の凹面の画像結像面211に結像する。この結果として、像面湾曲の影響を軽減でき、レンズ設計に対する制約が大幅に軽減され、光学系を大幅に小型化できる。図15において、画像撮影装置240は、光学レンズ220、ファイバー光学素子210、画像検出器230から構成され、被写体222の像を撮影する。この画像撮影装置は、ケーブル232を経由して、素子制御装置233で制御される。本実施例によれば、画像撮影装置の寸法が、ファイバー光学素子または画像検出器の外形寸法で決まる。このため、検出面素寸法が非常に小さな画像検出器を用いることにより、画像検出器の外形寸法が小型化できる。この結果、画像撮影装置の寸法自体を大幅に小型化できるという特徴をもつ。

【0024】

【発明の効果】本発明によれば、光学レンズとファイバー光学素子を用いた光学系により、光学レンズのみでの

光学系の原理的な解像度の限界を超えた大幅な解像度の向上を達成する画像撮影装置が実現できる。このため、従来にはない高画質な画像の撮影が可能となる。さらに、光学レンズで結像された可視光画像をファイバー光学系により画像分割し、複数の画像検出器で同時に検出するため、高解像度画像を高速で撮影できる。また、高解像度画像撮影装置であるにもかかわらず、ファイバー光学素子の画像結像面の形状を任意に選定できるため、結像用の光学レンズの設計に対する制約が大幅に低減でき、光学系全体の価格を低減することができる。また、光学レンズとファイバー光学素子を用いた光学系により、光学レンズの限界空間解像度に対応する画像検出器の検出画素の寸法より小さい寸法の検出画素を有する画像検出器が実現できる。このため、従来にはない高密度で配列された寸法が非常に小さい検出画素を有する画像検出器を用いることが可能となる。そして、画像検出器自体の寸法が小さくなり、非常に小型の画像撮影装置が実現できる。このため、高解像度画像撮影を要求される放送用や印刷用や医学診断用などの画像入力装置として一般産業用での広い分野に適用できるだけでなく、画像撮影を目的とする一般の民生用機器にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の画像撮影装置の構成を示す全体斜視図。

【図2】本発明の第2の実施例の画像撮影装置におけるファイバー光学系の断面図。

【図3】本発明の画像撮影装置の空間解像度の向上を説明する空間変調度伝達関数を表すグラフ。

【図4】光学レンズによる被写体の結像を説明するための断面図。

【図5】本発明の光学系による被写体の結像を説明するための断面図。

【図6】本発明の第3の実施例の画像撮影装置の構成を示す全体斜視図。

【図7】本発明の第3の実施例におけるファイバー光学

系の断面図。

【図8】本発明の第4の実施例におけるファイバー光学系の断面図。

【図9】本発明の第5の実施例におけるファイバー光学系の断面図。

【図10】本発明の第6の実施例におけるファイバー光学系の断面図。

【図11】本発明の第7の実施例の画像撮影装置の構成を示す断面図。

【図12】本発明の第8の実施例の画像撮影装置の構成を示す断面図。

【図13】本発明の第9の実施例の画像撮影装置の構成を示す断面図。

【図14】本発明の画像撮影装置の空間解像度の向上を説明する空間変調度伝達関数を表すグラフ。

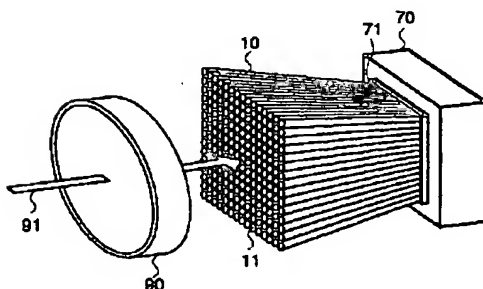
【図15】本発明の第10の実施例の画像撮影装置の構成を示す断面図。

【符号の説明】

10…ファイバー光学素子、11…画像結像面、11'…空間変調度伝達関数、20…画像結像面用ファイバー光学素子、21…画像結像面、30…分岐用ファイバー光学素子、31…接合面、40…画像検出面用ファイバー光学素子、41…接合面、50…一体型ファイバー光学素子、60…テーパファイバー束から成る光学素子、61…画像結像面、70…画像検出器、71…画像検出面、71'…空間変調度伝達関数、80…撮像管、81…光導電膜、82…電子銃、90…光学レンズ、91…可視光線、92…被写体、93…結像された像、94…結像された像、95…光学レンズ、96…結像された像、110…ファイバー光学素子、111…被写体面、112…レンズ側面、120…可視光線、121…被写体、130…放射線、131…被写体、132…蛍光体膜、210…ファイバー光学素子、211…画像結像面、220…光学レンズ、221…可視光線、222…被写体、230…画像検出器、232…ケーブル、233…素子制御装置、240…画像撮影装置。

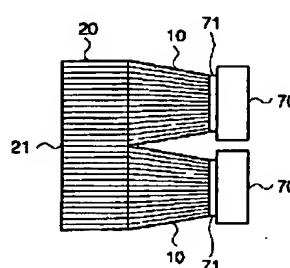
【図1】

図1



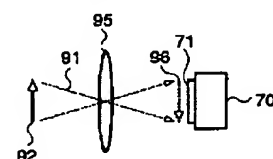
【図2】

図2



【図4】

図4



(10)

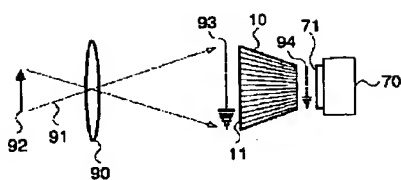
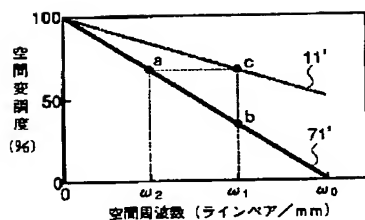
特開平7-30793

【図3】

【図5】

図3

図5

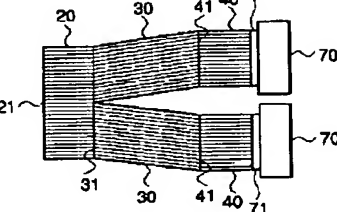
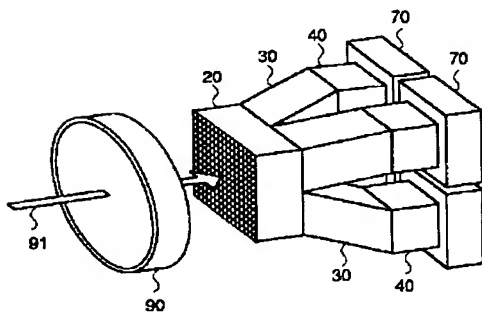


【図6】

【図7】

図6

図7



【図10】

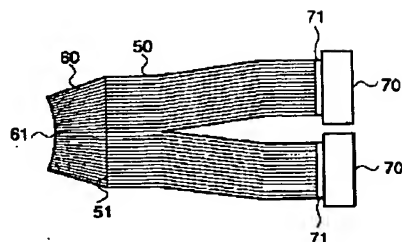
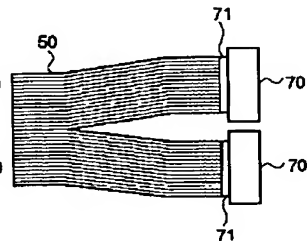
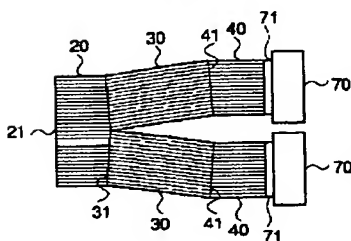
図10

【図8】

【図9】

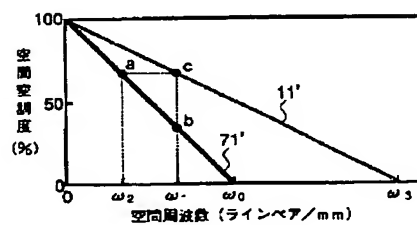
図8

図9



【図14】

図14

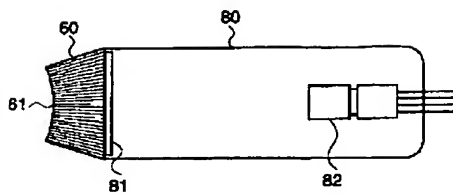


(11)

特開平7-30793

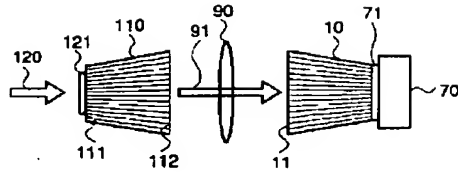
【図11】

図11



【図12】

図12



【図13】

図13

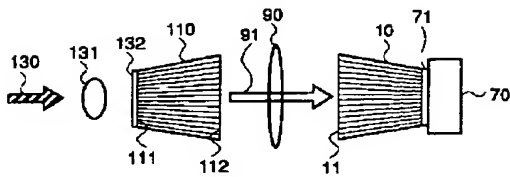
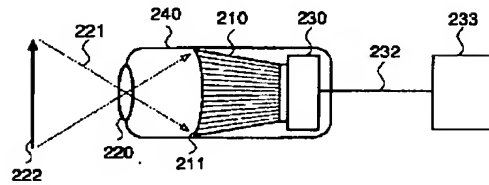


図15



フロントページの続き

(72)発明者 植田 健
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 横内 久猛
東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株
式会社日立メディコ内

